



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(19)

Número de publicación: **2 103 258**(51) Int. Cl.⁶: F25B 15/06

(12)

TRADUCCION DE PATENTE EUROPEA

T3

(86) Número de solicitud europea: **89300601.5**
 (86) Fecha de presentación : **23.01.89**
 (87) Número de publicación de la solicitud: **0 327 230**
 (87) Fecha de publicación de la solicitud: **09.08.89**

(54) Título: **Bombas de calor.**(30) Prioridad: **02.02.88 GB 8802152**(73) Titular/es: **Imperial Chemical Industries Plc**
Imperial Chemical House, Millbank
London SW1P 3JF, GB
Caradon Mira Limited
(formerly Walker Crosweller & Company
Limited)(45) Fecha de la publicación de la mención BOPI:
16.09.97(72) Inventor/es: **Ramshaw, Colin y**
Winnington, Terence(45) Fecha de la publicación del folleto de patente:
16.09.97(74) Agente: **Hernández Covarrubias, Arturo**

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (artº 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCION

Bombas de calor.

Esta invención se refiere a bombas de calor del tipo de ciclo de absorción, particularmente a bombas de calor de sistema centrífugo.

Las bombas de calor de ciclo de absorción comprenden los componentes siguientes: evaporador, absorbador, generador, condensador y, opcionalmente, un intercambiador de calor de disolución, y se cargan con una mezcla de trabajo apropiada en la fase fluida. La mezcla de trabajo comprende un componente volátil y un absorbente para el mismo.

En las bombas de calor de ciclo de absorción, una fuente de calor de alta temperatura, llamada de alto poder calorífero, y una fuente de calor de baja temperatura, llamada de bajo poder calorífero, transmiten calor a la bomba que, entonces, alimenta (o expulsa) la suma de aportación de calor procedente de ambas fuentes a una temperatura intermedia.

En el funcionamiento de las bombas de calor de ciclo de absorción tradicionales, una mezcla de trabajo, rica en componente volátil (cuya mezcla se denominará en adelante, por conveniencia, como "Mezcla R") se calienta en el generador, a presión, por calor de alta poder calorífero de tal manera que se genera vapor del componente volátil y se produce una mezcla de trabajo que es menos rica o pobre en contenido de componente volátil (cuya mezcla se denominará en adelante, por conveniencia, como "Mezcla L").

En bombas de calor conocidas, el vapor mencionado del componente volátil procedente del generador se condensa en el condensador, a la misma temperatura elevada, con desprendimiento de calor y la formación de componente volátil líquido. El componente volátil líquido se hace pasar a través de una válvula de expansión, para reducir su presión y, desde ésta, hasta un evaporador. En el evaporador, el líquido mencionado acepta calor procedente de una fuente de calor a baja temperatura, característicamente aire o agua a temperatura ambiente, y se evapora. El vapor resultante del componente volátil pasa a un absorbador en el cual se absorbe en la Mezcla L con la nueva formación de Mezcla R y desprendimiento de calor. La Mezcla R se transfiere entonces al generador de vapor y, por lo tanto, se completa el ciclo.

Cuando deseemos poner de relieve el estado físico del componente volátil lo denominaremos, por conveniencia, en adelante, como "VVC" (donde se encuentra en estado de vapor o gaseoso) o "LVC" (donde se encuentra en estado líquido).

En los sistemas existentes de bombas de calor se presentan diversos problemas y la presente invención, en sus varios aspectos, pretende ofrecer soluciones a problemas como los que se describirán a continuación.

Así, por ejemplo, un área problemática es evitar zonas en seco según fluye el componente volátil sobre la superficie de intercambio de calor del evaporador. Por ejemplo, en la bomba de calor descrita en nuestra Solicitud de Patente Europea 119776B, previa, se alimenta al evaporador componente volátil condensado derivado del

condensador y, como la cantidad de componente volátil condensado recibida del condensador es relativamente pequeña, (v.g., 2 g/segundo), la dispersión de esta cantidad pequeña para humedecer totalmente el área de superficie, relativamente grande, de intercambio de calor del evaporador (en rotación) no se logra fácilmente.

Otra área problemática surge cuando se utiliza agua como componente volátil. Se ha sugerido (Smith and Carey, Int. Heat Pump Conference, Bristol, U.K., Sept 1984) que en una bomba de calor de ciclo de absorción, el empleo de agua como componente volátil de la mezcla de trabajo conduciría a un rendimiento teórico muy elevado, v.g., elevaciones de temperatura de 70°C (v.g., de la fuente de baja temperatura a la temperatura de alimentación). No obstante, cuando una bomba de calor de ciclo de absorción, que emplea agua como componente volátil de la referida mezcla de trabajo, funciona a baja temperatura y, por lo tanto, a baja presión, v.g., aproximadamente 0°C en el evaporador, se tienen que transferir grandes volúmenes de vapor desde el evaporador hasta el absorbador con una pérdida mínima de presión.

El tubo que constituye el dispositivo de flujo de vapor entre el evaporador y el absorbador, en bombas de calor de ciclo de absorción tradicionales, suele ser largo y de pequeño diámetro y, por lo tanto, impone restricciones inaceptables a la transferencia de grandes volúmenes de vapor. Tales restricciones hacen que sea difícil el funcionamiento económico del evaporador, particularmente a temperatura baja, en torno a 0°C, donde la presión del vapor y la densidad son bajas, con elevadas cargas caloríferas.

En nuestra Patente Europea 0 119 776B (US 4.553.408), se describe una forma de bomba de calor de ciclo de absorción que es de sistema centrífugo. En la realización ilustrada en esa patente (en las Figuras 3, 4 y 5), las funciones del evaporador y el absorbador se combinan en una unidad que comprende una pluralidad de discos (identificados en este caso por las referencias 14, 15, 16 y 17) y se utilizan una pluralidad de tales unidades. Además, se describe que VVC procedente del generador pasa a través de una formación de discos del condensador (31) sobre cuyas caras se condensa. No obstante, la fabricación de una bomba de calor del ciclo de absorción que comprenda la referida pluralidad y/o formación suele ser complicada y costosa.

Otra área en la cual sería conveniente lograr mejoras radica en la alimentación del componente volátil y/o en absorbente entre las diversas regiones de la bomba de calor, por ejemplo entre la zona de baja de presión en el lado del evaporador/absorbador de la bomba y la zona de alta presión en el lado del generador/condensador de vapor. En el documento EP-A-119776, por ejemplo, se describe una bomba de tipo planetario que se suma a la complejidad del diseño y, por lo tanto, al coste de producción.

Otras áreas donde sería conveniente lograr mejoras incluyen: el tipo de fuente de calor empleada para el generador de vapor y la manera en la cual se utiliza el calor producido; dimensiones reducidas de la bomba de calor; gestión del flujo de fluido dentro de la bomba de calor, y simpli-

ficación de las disposiciones empleadas para efectuar la transmisión de calor entre el condensador, el absorbedor y un fluido externo de intercambio de calor, v..g., el agua empleada en un sistema doméstico de calefacción.

Una bomba de calor de ciclo de absorción, rotatoria, según el preámbulo de la reivindicación 1, se describe en el documento US-A-3.456.454.

El documento US-A-4.000.777 describe una máquina termodinámica rotatoria, por ejemplo una bomba de calor, que incluye una sección de evaporador en la cual el fluido de trabajo se alimenta a un conjunto de tubos evaporadores en un caudal másico que sobrepasa el caudal másico de los vapores, con el fin de mantener un abastecimiento uniforme de líquido en los tubos del evaporador. El aparato está provisto de un dispositivo de rebose en el cual el exceso de líquido procedente de los tubos del evaporador se acumula en un colector y después se recircula a los tubos del evaporador por medio de un conjunto de bombeo que gira con la máquina.

El documento WO-A-86/06156 describe un bomba de calor rotatoria con un evaporador y condensador en forma de tambor, cuyas superficies de intercambio de calor se proyectan predominantemente en sentido axial con relación al eje de rotación de la bomba. El medio de trabajo, condensado en el condensador, se acumula en un anillo de condensado desde el cual se alimenta, por medio de un tubo auxiliar, a la superficie de intercambio de calor del evaporador de tal manera que se evita la formación de una capa laminar de líquido sobre la pared interna del evaporador. El medio de trabajo condensador, alimentado al evaporador, se evapora y se vuelve a condensar en el condensador.

Según la presente invención, se proporciona una bomba de calor de ciclo de absorción que comprende un conjunto rotatorio que incluye un generador de vapor, un condensador, un evaporador y un absorbedor, interconectados de tal manera que constituyen trayectos cíclicos de flujo de fluido para un componente de fluido volátil y un líquido absorbente del mismo, utilizándose un depósito para recibir, del condensador, componente de fluido volátil condensado por el mismo en la práctica, caracterizado porque un dispositivo rotacionalmente restringido se proporciona para dirigir el componente volátil líquido desde el depósito hasta los medios que constituyen la superficie del intercambiador de calor del evaporador de tal manera que el componente volátil líquido fluya a través de los medios que constituyen la superficie del intercambiador de calor desde un lugar radialmente interno hasta un lugar radialmente externo, recibiendo el depósito, desde los medios que constituyen la superficie de intercambio de calor del evaporador, el referido componente volátil líquido que queda sin evaporar después de fluir a través de los medios que constituyen la superficie de intercambio de calor, por lo que parte del componente volátil líquido, realimentado a los medios que constituyen la superficie de intercambio de calor, procedente del depósito, se pone de nuevo en circulación hacia el depósito desviándose del condensador.

Por lo tanto, con una bomba de calor segú

este aspecto de la invención, se puede tener la seguridad de que los medios que constituyen la superficie de intercambio de calor del evaporador se humedezcan totalmente durante el funcionamiento porque los medios que constituyen la superficie, además de alimentarse con componente volátil condensado procedente del condensador, se alimentan con componente volátil procedente directamente del depósito, de tal manera que la cantidad de componente volátil que fluye a través de los medios que constituyen la superficie de intercambio de calor sobrepase la cantidad puesta en circulación por vía del circuito del absorbedor/generador de vapor/condensador. En la práctica, la velocidad de alimentación de componente volátil al evaporador puede ser de tal magnitud que solamente se evapore una proporción menor, devolviéndose al depósito la proporción mayor, que queda sin evaporar, para recirculación de nuevo al evaporador.

Otros aspectos y características de la invención se exponen en las reivindicaciones adjuntas y en la descripción general que sigue.

En realizaciones preferidas de la invención, el conjunto rotatorio comprende los componentes siguientes a través de los cuales fluye una mezcla de trabajo en secuencia:

Componente A: un generador de vapor cargable con Mezcla R y capaz de aceptar calor a una primera temperatura, de tal manera que se evapora una porción del componente volátil en Mezcla R;

Componente B: un condensador cargable con VVC procedente del Componente A y, por separado, un fluido aceptor de calor de manera que se condense VVC transformándose en LVC;

Componente C: un evaporador cargable con LVC procedente del Componente B y capaz de aceptar calor a una segunda temperatura de manera que se produzca, a partir de la misma, evaporación de LVC;

Componente D: un absorbedor cargable con: (i) VVC procedente del Componente C y Mezcla L procedente del Componente A en el que se absorbe, y (ii) un fluido aceptor de calor que recibe el calor de absorción.

Por lo menos uno de los Componentes A, B y D y, preferiblemente, por lo menos ambos Componentes B y D, comprenden un órgano prácticamente en forma de disco o de placa, que es rotatorio alrededor de un eje transversal a su plano y prácticamente coaxial con el mismo y a través de cuyo espesor tiene lugar transmisión de calor desde el primer fluido, que fluye sobre una primera cara del órgano, hasta un segundo fluido, que fluye sobre la cara del órgano.

El evaporador puede comprender:

a) una pluralidad de tubos dispuestos prácticamente paralelos al eje de rotación;

b) la cara interior de cada uno de los tubos se carga con LVC y su cara exterior puede aceptar el calor a una segunda temperatura, de tal manera que se produce la evaporación de por lo menos una porción del LVC desde la superficie interior de los tubos.

Se comprenderá que la primera temperatura mencionada (en el generador de vapor) es más elevada que la segunda temperatura mencionada

(en el evaporador).

Preferiblemente, el calor mencionado, a una primera temperatura, se obtiene de un gas caliente, v.g., de la combustión de combustible fósil, v.g., de alto poder calorífero, aunque no excluimos la posibilidad de que se pueda obtener de un líquido a una temperatura apropiada, v.g., agua procedente de una fuente geotérmica.

El calor, a una segunda temperatura, empleado en el Componente C se obtiene, preferiblemente, de un gas y, con mayor preferencia, es aire a temperatura ambiente (v.g., bajo poder calorífero), aunque no excluimos la posibilidad de que pueda ser un líquido, v.g., agua de un río o de un lago o un flujo de líquido procedente de un sistema de acondicionamiento de aire. Cuando la bomba de calor se utiliza en un sistema de acondicionamiento de aire y cuando el calor de bajo poder calorífero es un líquido, frecuentemente es preferible que el líquido y el LVC se alimenten al evaporador en un punto adyacente al eje.

El fluido acceptor de calor, utilizado en la bomba de calor según la presente invención, fluye preferiblemente en secuencia a través de los Componentes D y B. No obstante, no excluimos la posibilidad de que se puedan utilizar alimentaciones de fluido acceptor de calor por separado en los Componentes D y B, aún cuando no sea preferible.

Característicamente, la bomba de calor según la presente invención se utiliza para elevar la temperatura de los fluidos aceptores de calor, de manera que pueda actuar como medio de abastecimiento de calor, v.g., en un sistema de calefacción central. Como variante, la bomba de calor según la presente invención se puede utilizar como componente de un sistema de acondicionamiento de aire.

Cuando la bomba de calor según la presente invención se utiliza para suministrar calor, el fluido acceptor de calor es preferiblemente un líquido, más preferiblemente agua. Característicamente, el fluido mencionado se utiliza en un sistema de calefacción central, v.g., un sistema de calefacción central doméstico. No obstante, no excluimos la posibilidad de que el fluido acceptor de calor pueda ser un gas.

El componente volátil es un fluido que puede salir en fase de vapor o de líquido en condiciones apropiadas en la bomba de calor de la presente invención. Por ejemplo, a 0°C tiene, característicamente, una presión de vapor de aproximadamente 4,5 mm de mercurio.

El componente volátil es, preferiblemente, un compuesto hidroxi de bajo peso molecular, v.g., metanol, o más preferiblemente agua. No obstante, no excluimos la posibilidad de que se puedan utilizar componentes volátiles, que son conocidos en el sector de las bombas de calor de ciclo de absorción, en la bomba de calor según la presente invención.

Como ejemplos de tales componentes volátiles conocidos se pueden mencionar los clorofluorohidrocarburos muy conocidos, refrigerantes, por ejemplo Refrigerante 124, que es monoclotetrafluoretano.

El componente volátil se utiliza en combinación con un absorbente apropiado para el mismo,

que preferiblemente es un compuesto o composición de buena estabilidad térmica y, por lo tanto, capaz de sobrevivir, con poca o sin ninguna dificultad, a los ciclos de temperatura cuyo uso repetido conlleva para este fin, por lo menos durante la vida útil de la bomba de calor. Como ejemplos de absorbentes apropiados se pueden mencionar, entre otros, tetraglyme, v.g., 2,5,8,11,14-pentaoxapentadecano. Cuando el componente volátil es agua, frecuentemente es preferible que el absorbente sea un medio inorgánico, v.g., conteniendo LiBr, hidróxido de sodio, o H₂SO₄ concentrado. El absorbente es preferiblemente un absorbente como el descrito en nuestra Patente Europea 0 208 427A, publicada, cuyo descubrimiento se incorpora en la presente a título de referencia.

En nuestra Patente Europea 0 208 427A se describe una bomba de calor de ciclo de absorción en la cual la Mezcla R comprende una mezcla de hidróxido de cesio, hidróxido de potasio, hidróxido de sodio y agua en las relaciones definidas en esta memoria. El empleo de tal mezcla permite frecuentemente utilizar bombas de calor, cargadas con la misma, para calefacción en invierno en climas templados.

No obstante, no excluimos la posibilidad de que el absorbente de agua pueda ser un medio orgánico, no volátil, apropiado, portador de uno o más grupos polares apropiados.

Las mezclas de trabajo de los absorbentes preferidos mencionados y agua tienen una combinación de puntos de congelación aceptablemente bajos y presión de vapor aceptablemente baja, v.g., menos de 3 mm de mercurio a una temperatura del orden de 65°C.

Preferiblemente se quema un combustible fósil en quemadores radiantes estacionarios de manera que por lo menos una porción considerable del calor generado por el mismo se radie directamente desde sus placas hasta una cara del disco o placa en el generador de vapor. No obstante, no excluimos la posibilidad de que la combustión de combustible fósil proporcione el alto poder calorífero por medios alternativos, v.g., prácticamente todo su contenido de calor se puede donar al generador por convección por vía de gas de combustión.

El exceso de calor del gas de combustión se puede transferir: (a) al generador por medios apropiados, v.g., por un flujo altamente sometido a esfuerzo cortante del gas de combustión sobre el perímetro del generador, y/o (b) al intercambiador de calor de disolución, según se describirá más adelante, a través de aletas apropiadas dispuestas sobre el mismo, y/o (c) a una aleta anular dispuesta apropiadamente sobre la pared exterior del rotor adyacente a la región en la cual el LVC sin evaporar se acumular en el evaporador. El flujo de gas de combustión, altamente sometido a esfuerzo cortante, mencionado, se puede producir restringiendo la anchura del paso a través del cual fluye el gas de combustión según sale del generador. La disposición de tales aletas en el intercambiador de calor permite que el calor entre en el ciclo térmico a una temperatura más baja que la existente en el generador de vapor y, por lo tanto, mejora el rendimiento térmico de la bomba de calor. La disposición de la referida aleta anular permite que se condense sobre la misma vapor

de agua del gas de combustión, recuperándose de este modo el calor latente de su evaporación.

Además, la zona provista de aletas se puede disponer de tal manera que se comporte como un ventilador para extraer los gases de combustión procedentes de la zona de combustión con el fin de evitar la necesidad de utilizar un ventilador o conducto de humos por separado. Esta circunstancia ofrece además la ventaja de reducir la cantidad de calor que se tiene que extraer de la fuente de alto poder calorífero, permitiendo de este modo reducir: (i) el número y/o tamaño y/o longitud de los tubos en el evaporador (y, en consecuencia, el número de aletas sobre los mismos) y (ii) la cantidad de fluido de alto poder calorífero que tiene pasar sobre las aletas (y, en consecuencia) la energía empleada en la operación.

Los tubos del Componente C son preferiblemente de sección transversal no circular, v.g., elíptica, y, más preferiblemente, se disponen con su eje largo dirigido radialmente. Se comprenderá que para mantener el equilibrio del rotor, los tubos se distribuyen, preferiblemente de una forma simétrica, alrededor de su eje. Característicamente se emplean aproximadamente 10-30 tubos, v.g., 25.

La forma elíptica ofrece la ventaja de que presenta un área de grandes dimensiones (para transmisión de calor) a un fluido de bajo poder calorífero sin restringir indebidamente el paso del fluido entre los tubos. Además, presenta una gran área para que fluya el LVC en un flujo laminar, delgado, sometido a elevado esfuerzo cortante, y la humectabilidad superficial mejora de una forma considerablemente sorprendente si se compara con un tubo circular, especialmente cuando la superficie interior se ha hecho rugosa por medios apropiados, v.g., chorro de arena.

El LVC se carga en los tubos por medios apropiados. Por ejemplo, el LVC se puede pulverizar sobre la zona radialmente interior de la superficie interna de los tubos desde orificios en un tubo que se sitúa dentro de la elipse. Una pequeña porción del LVC se puede someter a evaporación rápida; el resto forma una película delgada sobre la superficie interior por fuerza centrífuga. La velocidad a la cual se carga el líquido en los tubos es característicamente mayor que la velocidad a la cual se puede evaporar de los mismos y, en consecuencia, prácticamente toda la superficie interna de cada tubo está continuamente húmeda. Una porción menor de la película se evapora de la superficie interna mencionada del tubo y una porción mayor rebosa característicamente hacia el perímetro del disco evaporador.

La porción mayor sin evaporar mencionada fluye radialmente hacia fuera, donde se acumula adyacente al borde del disco evaporador y se recircula por medios apropiados, v.g., un canal, cangilón y cabezal de distribución, a las elipses.

Preferiblemente, el LVC adyacente al borde del evaporador (reciente del condensador y/o que se recircula) se proyecta radialmente hacia el interior, como un chorro de líquido, mediante un cangilón estacionario y es recogido por un distribuidor que gira con el evaporador, que hace girar el chorro y proyecta una aspersión hacia el interior de los tubos evaporadores elípticos men-

cionados. Este método tiende a: (a) eliminar los pequeños orificios en los tubos mencionados en el sistema de distribución, y (b) proporcionar un mejor perfil del chorro de manera que se estimule la evaporación rápida. La fabricación de tal sistema de distribución suele ser más sencilla que la alternativa mencionada.

Según otro desarrollo de la presente invención, se proporciona un distribuidor para distribuir un líquido a una pluralidad de receptores que se montan para girar alrededor de un eje paralelo a los mismos, en el cual:

(a) el distribuidor es rotatorio con la pluralidad de receptores;

(b) el distribuidor está provisto de una pluralidad de lumbрeras en un plano transversal al eje de rotación, cada una de cuyas lumbрeras converge en un vértice distante del perímetro del distribuidor y el vértice queda por detrás de la línea que va desde el borde delantero hasta el eje; y

(c) el vértice de cada lumbрera es un orificio que proporciona comunicación de flujo de fluido con el receptor.

Los tubos del evaporador se preparan preferiblemente con una pluralidad de aletas, con mayor preferencia transversales a los mismos, para ayudar a la transmisión de calor desde la fuente de calor a baja temperatura hasta la superficie interior de los tubos. Cuando tales aletas están presentes, la pluralidad de tubos actúan como una hélice de ventilador de tal manera que, según giran con el rotor, inducen un flujo de la fuente de calor a baja temperatura sobre las mismas para facilitar la evaporación del LVC del evaporador.

Además, hemos averiguado sorprendentemente que la evaporación del LVC del evaporador se puede efectuar a un régimen apropiado hasta llegar a una temperatura de aproximadamente -5°C.

Preferiblemente, el fluido aceptor de calor se introduce en la bomba de calor, y se extrae de la misma, coaxialmente, en particular cuando el fluido aceptor de calor fluye en secuencia a través del absorbador y el condensador. Con mayor preferencia, el fluido aceptor de calor se introduce en la bomba de calor, y se extrae de la misma, por el mismo extremo, v.g., a través de una disposición de tubos formando envolvente/núcleo. Esta disposición ofrece la ventaja de que:

i) el acceso a la tubería que alimenta el fluido aceptor de calor a la bomba de calor y desde la misma se puede situar en uno de sus extremos;

ii) solamente se necesita estanqueidad entre el fluido y el exterior;

iii) el eje sobre el cual se montan las bombas estáticas en el área entre los Componentes C y D puede ser de diámetro menor reduciendo: (a) el tamaño de los cojinetes y los obturadores que se deben disponer para los mismos, y (b) el área posible de fuga de Mezcla R hasta de llegar al tubo a través del cual se transfiere al generador;

iv) se puede proporcionar un cojinetes y un eje de menor tamaño para sostener el rotor fuera del evaporador, puesto que el fluido aceptor de calor no tiene que pasar necesariamente a través del centro de la parte del eje que está en el exterior del evaporador.

Frecuentemente se proporciona un pequeño orificio o tubo, adyacente al condensador y/o ab-

sorbedor, para conexión de flujo de fluido entre los tubos de entrada y salida para el fluido aceptor de calor. Dicho orificio o tubo permite la transferencia de aire, v.g., por purga, de manera que tienda a evitarse la generación de bloqueo de aire, v.g., en el condensador/absorbedor.

Según una realización preferida de la presente invención se proporciona una bomba de calor centrífuga de ciclo de absorción que comprende por lo menos los componentes siguientes:

(A) un generador de vapor, montado sobre un eje rotatorio para girar con el mismo y que comprende por lo menos un disco o placa, del cual una primera cara recibe calor de alto poder calorífero obtenido por combustión de un combustible fósil y a través de cuya segunda cara fluye Mezcla R de tal manera que se genere vapor de por lo menos una porción de su componente volátil de Mezcla R y se descargue Mezcla L de la segunda cara en una zona en el perímetro o cerca de la misma;

(B) un condensador montado sobre el eje rotatorio para girar con el mismo y que comprende un disco a través de cuya primera cara fluye VVC, generado en el generador de vapor, y se condensa sobre la misma y a través de cuya segunda cara fluye líquido aceptor de calor, de manera que se transfiera calor de condensación a la misma;

(C) un evaporador montado sobre el referido eje rotatorio para girar con el mismo, a través del cual fluye el LVC procedente del condensador y desde el cual se evapora por transferencia de calor procedente de una fuente de bajo poder calorífero;

(D) un absorbedor montado sobre el eje rotatorio para girar con el mismo y que comprende por lo menos un disco a través de cuya primera cara fluye el VVC procedente del evaporador y fluye Mezcla L procedente del generador en conjunto y a través de cuya segunda cara fluye el líquido aceptor de calor, de manera que el calor de absorción se transmita al mismo antes de fluir al condensador; y

(E) un intercambiador de calor de disolución en el cual el calor se intercambia entre las Mezclas R y L.

La referida transmisión de calor en cada uno de los Componentes A, B y C tiene lugar a través del espesor de un disco desde una primera cara hasta la segunda cara del disco.

En la referida bomba el evaporador comprende una pluralidad de tubos que:

(a) cuelgan de un disco o placa, y son rotatorios con el mismo, de manera que se proyectan saliendo del Componente D;

(b) se sitúan prácticamente paralelos al eje de rotación y adyacentes al perímetro del disco o placa;

(c) se cargan con LVC que fluye como una película sobre su superficial interna;

(d) son conectables con calor de bajo poder calorífero que fluye sobre su superficie exterior de tal manera que por lo menos una porción del LVC se evapora desde la superficie interna.

Si bien no excluimos la posibilidad de que el generador de calor y/o el evaporador puedan comprender discos prácticamente planares, es preferible que tanto el generador como el evaporador estén acopados de manera que puedan resistir los esfuerzos de la presión a los que se someten en la

práctica. Es preferible que por lo menos el generador o el evaporador, con mayor preferencia el generador, sea interiormente cóncavo para reducir la longitud general de la máquina, de manera que resulte más compacta.

El condensador y el absorbedor se construyen de tal manera que se facilite la transferencia de calor al fluido aceptor de calor que fluye sobre una cara del mismo. Por ejemplo, pueden comprender medios para mejorar la trasmisión de calor incrementando el área de transmisión de calor y facilitando el flujo laminar. Como ejemplos de tales medios se pueden mencionar, entre otros, la utilización de Expamet (metal expandido), metal nervado o tela metálica unida a la segunda cara del disco del condensador o el absorbedor o en contacto con la misma. Se comprenderá que la provisión de tales medios tiende a producir un conjunto más resistente capaz de resistir las fuerzas a las que se somete por rotación y por la presión estática del medio aceptor de calor.

El conjunto rotatorio tiene preferiblemente forma frustocónica, en líneas generales, con el generador en su extremo de diámetro menor.

La forma frustocónica del conjunto rotatorio se elige de manera que:

i) ayude al flujo de Mezcla L procedente del generador de vapor, a través del intercambiador de calor, hasta un canal (desde el cual se carga al absorbedor) debido a la diferencia de carga hidrostática debida a la presión entre el perímetro del generador y el canal mencionado, cuya diferencia se multiplica por acción de la fuerza centrífuga (por ejemplo de 50 a 60 veces). Esto, junto con la diferencial de presión entre los Componentes A/B y los Componentes C/D es suficiente para permitir que por lo menos prácticamente toda la Mezcla L vuelva al canal sin necesidad de desarrollar una carga hidrostática adyacente al perímetro del generador;

ii) aumenta la distancia entre las lumbreñas a través de las cuales el LVC sale del condensador y la Mezcla L sale del generador, lo cual aumenta la longitud de cualquier vía a lo largo de la cual se pudiera producir fuga de calor del generador caliente a las zonas de enfriamiento de la bomba de calor, reduciendo así las pérdidas de calor y, por lo tanto, las ineficiencias del ciclo;

iii) aumenta igualmente la distancia y la longitud de cualquier vía a lo largo de la cual pudiera producirse fuga de calor de los canales correspondientes a las Mezclas R y L en la región del absorbedor y LVC en el evaporador, con lo que se reduciría aún más la ineficiencia; y

iv) facilita el control del nivel de Mezcla R en el canal apropiado en el absorbedor.

Por ejemplo, se pueden formar orificios de rebosadero en las paredes laterales del canal 33 mencionado, que permiten pasar la Mezcla R, por aceleración centrífuga, al interior de un depósito debidamente dispuesto y descargarse lentamente a través de otros orificios a otro canal.

La bomba de calor según la presente invención está provista preferiblemente de medios de control apropiados, v.g., un microprocesador, para invertir la dirección de rotación del conjunto rotatorio durante un corto periodo de tiempo, v.g., durante algunas revoluciones, inmediatamente antes

de desconectarse. Tal inversión de la dirección de rotación entremezcla las Mezclas R y L, de tal manera que la mezcla de trabajo recupera su estado líquido que ser apropiado para conservarse a baja temperatura.

El rotor de la bomba de calor según la presente invención gira característicamente de tal manera que la velocidad pico del rotor es de aproximadamente 5-20, v.g., aproximadamente 12 m/seg.

En el documento EP 0 119.776B, anteriormente mencionado, se describe un intercambiador de calor de disolución en el cual se produce la transmisión de calor entre las Mezclas R y L. El intercambiador de calor comprende una pluralidad de discos, v.g., apropiadamente estampados, con una separación de aproximadamente 1 mm. Hemos comprobado que el intercambiador de calor tiene preferiblemente la forma de uno o más componentes anulares montados en la región exterior del rotor para girar con el mismo. No obstante, no excluimos la posibilidad de que el intercambio de calor pueda efectuarse en una pluralidad de intercambiadores de calor discretos montados sobre el rotor, aún cuando no sea preferible.

Preferiblemente, el intercambiador de calor de disolución se fabrica de chapa, por ejemplo de acero inoxidable, y la chapa se adapta y dispone en forma de por lo menos porciones cilíndricas concéntricas coaxiales con el rotor y provistas de tubuladuras de manera que las Mezclas R y L fluyen, prácticamente por flujo laminar, a través de capas alternas a la manera de un intercambiador de calor de contraflujo, a través de una matriz de placas separadas a corta distancia.

En un método de construcción preferido, el intercambiador de calor de disolución se prepara en forma de emparedado múltiple. Cada capa comprende: (i) una placa lisa (o plana) con orificios de transferencia de fluido en los dos extremos; (ii) un bastidor con una lumbreña apropiada, y (iii) medios de transmisión de calor como los anteriormente descritos, v.g., Expamet, etc. Estas capas se pueden unir constituyendo un conjunto estanco, robusto, rígido, por medios apropiados, v.g., soldadura al vacío, unión por difusión o soldadura fuerte. El bastidor se diseña preferiblemente de manera que solo sea necesario un tipo, utilizándose alternativamente por uno u otro lado. De este modo se logra una distribución eficaz de los dos flujos de fluido.

Según otra realización preferida de la presente invención se proporciona un intercambiador de calor de disolución en forma de emparedado múltiple concéntrico cada una de cuyas capas comprende:

- (a) una placa plana con orificios de transferencia de fluido en ambos extremos;
- (b) un bastidor con una lumbreña apropiada;
- (c) medios de transferencia de calor, v.g., Expamet, nervado; metal o tela metálica;
- (d) medios para cargar líquidos calientes y fríos por separado en el mismo; y
- (e) medios para descargar líquidos separados del mismo.

En los intercambiadores de calor en bombas de calor de ciclo de absorción conocidas, frecuentemente resulta difícil forzar la Mezcla R a través de los mismos debido a la diferencial de

presión que existe entre las regiones del generador/condensador y evaporador/absorbedor de la bomba de calor.

Cuando: (1) la mezcla de trabajo comprende agua y compuestos metales alcalinos, según se ha descrito anteriormente, y (2) el bajo poder calorífero en el evaporador es del orden de aproximadamente 0°C y el LVC en el condensador está aproximadamente a 60°C, hemos descubierto sorprendentemente que el bombeo de Mezcla R desde el absorbador hasta el generador, por vía del intercambiador de calor, se puede efectuar con arreglo al llamado principio rotodinámico, v.g., sumergiendo un cangilón estacionario en un depósito anular rotatorio de un líquido, v.g., Mezcla R. Por ejemplo, los cangilones dispuestos y dirigidos apropiadamente, que actúan a la manera de bombas de "Pitot", refrenados por la fuerza de gravedad o magnetismo (preferiblemente provistos de protectores integrales contra salpicaduras) se pueden utilizar para forzar Mezcla R a través del intercambiador de calor y para vencer también la diferencial de presión entre el generador y el evaporador. Tales cangilones se sitúan dentro de la estructura hermética y se mantienen estacionarios preferiblemente por la fuerza de gravedad o por medios magnéticos.

Se comprenderá que, para mejorar la humedad de las superficies apropiadas del generador y el absorbador con Mezcla R y Mezcla L, respectivamente, tales superficies se deberán someter preferiblemente a un tratamiento apropiado, v.g., chorro de granalla o arena o metalización por aspersión. Tal tratamiento ofrece frecuentemente la ventaja de aumentar el área superficial y mejorar la transmisión de calor.

Se comprenderá que para reducir por lo menos las salpicaduras perjudiciales entre el absorbador y el evaporador, y *viceversa*, se puede situar un dispositivo para reducir tales salpicaduras, v.g., un deflector, entremedias del absorbador y el evaporador que no inhiba indebidamente el flujo de vapor a baja presión (v.g., 50 en la Figura 4).

La bomba de calor está provista preferiblemente de un dispositivo de expansión de tubo en U para estrangular el LVC según fluye desde el condensador hasta el evaporador. Característicamente adopta la forma de un tubo liso sin restricciones, a través del cual fluye el líquido. El tubo mantiene la diferencia de presión manométricamente con bloqueo de líquido. De un modo más preferible, el tubo en U se sitúa adyacente al perímetro del conjunto rotatorio y los brazos de la U se dirigen radialmente.

La superficie interior de la pared del rotor está provista de una pluralidad de canales circunféricos. Los canales separados, que se cargan con líquidos apropiados, se aislan térmicamente, de una forma preferible, unos de otros.

Los medios para cargar fluidos en los componentes de las bombas de calor y para descargarlos de las mismas, con arreglo a la presente invención, se constituyen en posiciones apropiadas en las mismas. Por ejemplo, se pueden utilizar cangilones estacionarios para regular el flujo de fluido a través de la bomba de calor. Así, un cangilón, sumergido en Mezcla R en un canal sobre la pared del rotor adyacente al perímetro del Com-

ponente D, puede regular el flujo de Mezcla R a través del sistema. Un segundo cangilón, v.g., 34a en la Figura 2, situado adyacente al cangilón anteriormente mencionado pero radialmente hacia el interior del mismo, se puede utilizar para descargar exceso de Mezcla R a un depósito, para limitar una resistencia innecesaria al funcionamiento de la bomba. Un segundo cangilón, parcialmente sumergido en el canal apropiado (v.g., 21 en 20 en la Figura 2) recoge prácticamente toda la Mezcla L que penetra en ese canal y la distribuye sobre la cara del absorbedor por medio de un tubo estacionario dispuesto esencialmente tangencial a esa placa.

Además, hemos descubierto ahora que se pueden montar cangilones, mirando en dirección inversa, en las bombas mencionadas para efectuar regímenes de flujo alternativos cuando se invierte la rotación de la máquina. Este sistema se puede utilizar, por ejemplo, para proporcionar un remezclado de las Mezclas R y L discretas y LVC poco antes de parar la máquina.

Los medios motores, para hacer girar el eje rotatorio en bombas de calor según la presente invención, son convenientemente motores eléctricos, opcionalmente con regulación de velocidad para poder reducir al mínimo la energía eléctrica parásita.

El rotor, en la bomba de calor según la presente invención, tiene característicamente una longitud axial entre 20 y 80 cm, v.g., aproximadamente 35 cm, y un diámetro entre 10 y 100 cm, v.g., aproximadamente 50 cm.

La presente invención se ilustra de un modo adicional tomando como referencia los dibujos adjuntos, en los que:

La Figura 1, de una manera esquemática sencilla, los componentes, y su yuxtaposición, de una bomba de calor de ciclo de absorción según la presente invención y el flujo de fluido que pasa por la misma;

La Figura 2 es una vista esquemática en sección de una bomba de calor según la presente invención.

La Figura 3 es una vista esquemática, parcialmente en sección y a una escala diferente, de un segmento de un distribuidor de líquido para ser utilizado en el evaporador de la bomba de calor según la presente invención: (a) en un plano transversal al eje de rotación, y (b) en un plano paralelo al eje de rotación.

La Figura 4 ilustra una realización preferida de la bomba de calor según la presente invención; y

Las Figuras 5, 6 y 7 son vistas de una disposición de bombeo apropiada para ser utilizada en las realizaciones de las Figuras 2 y 4, habiéndose tomados las vistas en la dirección axial (examinándolas de derecha a izquierda en la Figura 4) y desde lados diametralmente opuestos del conjunto rotatorio.

Refiriéndonos en primer lugar a la Figura 1, se hace circular una mezcla de trabajo acuosa alrededor de un sistema estanco consistente en un evaporador EV, un absorbedor AB, un intercambiador de calor de disolución X, un generador de vapor GE y un condensador CO, en esa secuencia, sobre un eje S, para girar con el mismos.

En el evaporador EV, se evapora agua (el componente volátil) por intercambio de calor con un flujo de aire atmosférico (o con otra fuente de calor ambiental, alternativa, por ejemplo agua o el terreno). El vapor pasa por la conducción 1 al absorbedor AB en el cual se absorbe en una mezcla, pobre en agua, de agua e hidróxidos de metales alcalinos (Mezcla L), cediendo su calor de disolución al hacerlo. El calor es absorbido, por transferencia térmica, a un flujo de un medio que se desea calentar, característicamente un medio de calefacción central, v.g., agua o aire, que fluye por la conducción 2.

La mezcla, rica en agua, de agua e hidróxidos de metales alcalinos, que sale del absorbedor AB (Mezcla R) (que comprende característicamente un 67% peso/peso de hidróxido de cesio, aproximadamente, un 10% peso/peso de hidróxido de potasio, aproximadamente y un 23% peso/peso de agua, aproximadamente) pasa por la conducción 3 al intercambiador de calor de disolución X donde recibe calor procedente de la Mezcla L mencionada antes de fluir por la conducción 4 hasta el generador de vapor GE. El generador GE se calienta, por ejemplo por calor radiante, o directamente por llama de gas o indirectamente con gas caliente; de la Mezcla R se desprende vapor de agua (VVC). La Mezcla L resultante se devuelve, por la conducción 5, y el intercambiador de calor de disolución X al absorbedor AB.

El vapor, procedente del generador GE, se transmite, por la conducción 6, al condensador CO en el cual pierde calor que pasa al medio que se desea calentar, que fluya por la conducción 7, y se condensa convirtiéndose en líquido. El líquido se devuelve finalmente al evaporador EV por la conducción 8.

Según resultará fácilmente evidente, la aportación total de calor a la bomba de calor es la suma del calor de bajo poder calorífero procedente del fluido del ambiente en el evaporador EV y el calor de alto poder calorífero proporcionado al generador de vapor GE. La energía térmica producida o calor útil, a una temperatura intermedia entre la existente en el evaporador y la existente en el generador, es la absorbida por el medio que se desea calentar en el absorbedor AB y en el condensador CO.

La conducción 9, Figura 1, es la vía por la cual se introduce aire atmosférico en el evaporador. El gas caliente, procedente de un quemador apropiado (cuando se emplea calentamiento por convección) se introduce en el generador de vapor por la conducción 10. El medio que se desea calentar, que fluye por la conducción 2 y después por la conducción 7, absorbe calor en el absorbedor y después en el condensador.

La realización de bomba de calor según la presente invención, ilustrada esquemática en la Figura 2, comprende los componentes de la Figura 1 montados en la secuencia ilustrada sobre un eje en S, para girar con el mismo. Para que se comprenda con más facilidad, las partes del rotor de la bomba de calor, que realizan funciones ya mencionadas con relación a la Figura 1, a saber: el generador vapor, el condensador, el intercambiador de calor de disolución, el absorbedor y el evaporador, se indican con las letras GE, CO, X, AB y

EV, respectivamente.

El gas, alimentado por el tubo 11, se quema en el quemador 12 con aire que es aspirado a través de lumbreiras en la carcasa 61; el quemador está provisto de placas radiantes 13 que emiten la energía de la combustión en cantidades de calor radiante, aproximadamente iguales, y calor contenido en los productos de combustión. La energía térmica, emitida desde las placas estacionarias 13, incide sobre la placa cóncava rotatoria del generador 14. El gas de combustión, procedente del quemador 12, fluye sobre la superficie exterior del generador 14; después es expelido por una ranura anular 15 y pierde cantidades adicionales de calor cediéndolas al intercambiador de calor de disolución 16, según fluye sobre el mismo. En la región de la ranura 15, la transferencia de calor a la placa del generador 14 se efectúa principalmente por convección forzada.

Se carga Mezcla R en la superficie interior de la placa cóncava 14 por el tubo 17; absorbe calor de la misma de tal manera que se genera VVC según fluye radialmente hacia fuera sobre la superficie de la placa 14 y se expelle Mezcla L por la lumbreira 18. Desde la lumbreira 18, fluye Mezcla L en el tubo 19 al canal 20 por vía del intercambiador de calor de disolución 16 que se sitúa radialmente hacia fuera del conjunto rotatorio y se construye como se ha descrito anteriormente. Desde el canal 20, la Mezcla L se vacía por el tubo estacionario 21 y se carga a la superficie 22 del disco del absorbedor adyacente a su eje.

El VVC, generado en la superficie interior de la placa cóncava 14, se condensa sobre la superficie 23 del disco del condensador. El LVC fluye radialmente hacia fuera a través de la superficie 23 y se acumula en el canal 24. Fluye desde el canal 24 al tubo en U 25 que actúa como estrangulador y, desde éste, al canal 26. Desde el canal 26 se vacía por el tubo estacionario 27 y se alimenta al anillo de cabezal rotatorio 28. Desde el anillo de cabezal 28, fluye a través de los tubos 29 y se rocía radialmente hacia el interior desde los mismos (véanse las flechas 30), por medio de orificios, en el interior de tubos elípticos 31 que cuelgan de la placa cóncava 36 y que están provistos de aletas 32 transversales a los mismos. Una porción del LVC se evapora desde la superficie interna de los tubos 31 para formar VVC. El componente volátil sin evaporar rebosa del tubo 31 pasando al canal 26 y, desde éste, se recicla a los tubos 31 vía 27, 28 y 29.

Se impulsa aire atmosférico, v.g., a aproximadamente 1 m³/segundo, a través de la mortaja 62; cede calor a las aletas 32 y los tubos 31 del evaporador y después se expelle radialmente hacia fuera.

El VVC, formado en el evaporador, fluye a la superficie del absorbedor donde es absorbido en Mezcla L con la formación de Mezcla R. La Mezcla R fluye radialmente hacia fuera hasta el canal 33 de donde se vacía por el tubo estacionario 34 y fluye por el tubo 35 a través del intercambiador de calor de disolución 16 al tubo 17 y, por lo tanto, se completa el ciclo.

Un tubo nivelador estacionario 34a se asocia con el canal 33 para regular el nivel de líquido en el canal 33. El tubo 34a discurre parcialmente su-

mergido en el líquido y alimenta cualquier exceso al canal adyacente 76. Los canales 33 y 76 están interconectados por un pequeño orificio u orificios para sangrar absorbente rico en agua volviéndolo al canal 33. Igualmente, un tubo de achiique 42 se asocia con el canal 26 para regular el nivel de líquido en el mismo, discutiendo el tubo de achiique 42 parcialmente sumergido y dirigiendo el exceso de líquido del canal 26 por ejemplo al canal 20.

Los diversos tubos de achiique 21, 27, 34, 34a, 42 tienen todos sus entradas dirigidas en sentido opuesto a la dirección de rotación del conjunto rotatorio y, por lo tanto, a la dirección de movimiento del líquido y su rotación está frenada por un dispositivo de reacción del par que puede ser magnético o puede tener la forma de una peso (no ilustrado en la Figura 2) montado libremente sobre el eje S de manera que el peso permanezca prácticamente estacionario según gira el conjunto rotatorio.

El conjunto rotatorio, que comprende el generador de vapor, el condensador, el absorbedor y el evaporador, funciona movido por un dispositivo motor, no ilustrado, montado sobre el eje hueco S en el extremo del eje correspondiente al generador; el extremo del eje correspondiente al absorbedor se monta en cojinetes apropiados. El agua, que es fluido aceptor de calor, fluye a través del eje S desde el extremo del evaporador, radialmente hacia fuera a través del absorbedor en contacto con el disco 22, radialmente hacia el interior a través del condensador en contacto con el disco 23 y es expelido del eje en un punto adyacente a su extremo correspondiente al generador. Se verá el disco del absorbedor 23 y el disco del condensador 23 limitan una cámara 70 que constituye un intercambiador de calor común al condensador y al absorbedor, evitándose así la necesidad de emplear intercambiadores de calor por separado. Un tabique divisorio 72 separa la cámara 70 en dos zonas dirigidas radial y circunferencialmente, que comprenden un espacio de separación entre el disco del absorbedor 22 y el tabique divisorio 72 y un espacio de separación entre el disco del condensador 23 y el tabique divisorio 72, estando las dos zonas en comunicación con el perímetro del tabique divisorio 72.

Refiriéndonos ahora a la Figura 3 (a y b), que presentan un mecanismo modificado para introducir LVC en los tubos 31, el tubo de achiique estacionario 27 está adaptado para descargar chorro de LVC radialmente en los canales 47 en un distribuidor montado sobre el evaporador y rotatorio con el mismo, cada uno a su vez según hacen pasar el chorro. El chorro de LVC se concentra por la convergencia radial de los canales 47 y, debido al movimiento relativo del distribuidor 46 producido en el chorro, pasa forzado por el orificio 48. El tamaño del orificio 48 y su alineación se disponen de tal manera que el chorro que sale del mismo sea divergente y se proyecten con componentes de movimiento dirigido radialmente hacia el interior y axialmente, de modo que se humedeza prácticamente la totalidad de la superficie radialmente interior del tubo 31. El líquido recubre las paredes por fuerza centrífuga humedeciendo el resto de la superficie interior del tubo 31. Un

protector de salpicaduras 49 evita que cualquier LVC que volviera a salir del "canal" 47 penetre en la sección del absorbedor de la máquina y lo dirige de nuevo al canal 26.

Refiriéndonos ahora a la Figura 4, la realización preferida de bomba de calor según la presente invención, ilustrada esquemáticamente en este caso, comprende los componentes de las Figuras 1 y 2 montados en la secuencia ilustrada sobre un eje en S, para girar con el mismo.

Para que se comprenda con más facilidad, las partes del rotor de la bomba de calor que realizan funciones ya mencionadas con relación a la Figura 2, se indican con los mismos números, v.g., disco cóncavo del generador 14. El gas, alimentado por el tubo 11, se quema en el quemador 12 que está provisto de placas radiantes 13. El calor radiante y los productos de combustión procedentes de las placas 14 inciden sobre el plato, cóncavo hacia el interior, del generador 14. El gas de combustión, procedente del quemador 12, fluye sobre la superficie exterior del generador 14; después es expelido por la ranura anular 15 y pierde cantidades adicionales de calor en el intercambiador de calor de disolución 16 y en las aletas 45 según fluye sobre los mismos, configurándose la carcasa 61 para dirigir el gas de combustión en dirección axial para pasar sobre el intercambiador de calor 16.

Se carga Mezcla R en la superficie interior de la placa cóncava 14 por el tubo 17, donde absorbe calor de tal manera que se genera VVC según fluye radialmente hacia fuera sobre la superficie de la placa 14 y se expelle Mezcla L por la lumbrera 18. Desde la lumbrera 18, fluye Mezcla L en el tubo 19 a través del intercambiador de calor de disolución 16 y después al interior del canal 20. Desde el canal 20 se achica Mezcla L por medio del tubo estacionario 21, parcialmente sumergido, y se carga en la superficie 22 del disco del absorbedor adyacente a su eje, por el tubo 21a.

El VVC, generado en la superficie interna de la placa cóncava 14, se condensa sobre la superficie 23 del disco de condensación. El LVC fluye radialmente hacia fuera a través de la superficie 23 y se recoge en el canal 24. Fluye desde el canal 24 al estrangulador de tubo en U 25 y, desde este, al canal 26. Desde el canal 26 se achica por el tubo estacionario 27 y se carga en los tubos 31 por medio del distribuidor ilustrado en la Figura 3a, b.

El tubo de achique 27 funciona totalmente sumergido, regulándose el nivel del líquido en el canal 26 por medio de un segundo tubo 42, parcialmente sumergido, situado adyacente al mismo, con su entrada ubicada radialmente hacia el interior de la entrada del tubo 27; el tubo 42 recoge el exceso de LVC y lo descarga, en un chorro axial, en la región del absorbedor, v.g., hacia el disco del absorbedor 22, según se ilustra, o en el canal 33. Esta disposición tiende a proporcionar un medio por el cual el sistema se puede cebar y lograr concentraciones óptimas de funcionamiento en una gama de condiciones de funcionamiento. El VCC, formado en el evaporador, fluye a la superficie del absorbedor donde es absorbido en Mezcla L con la formación de Mezcla R. La Mezcla R fluye radialmente hacia fuera al canal 33 donde se achica por medio del tubo estacionario 34 y fluye por el

tubo 35 a través del intercambiador de calor de disolución 16, radialmente hacia fuera, pasando al tubo 17 y, por lo tanto, se completa el ciclo.

Los diversos tubos de achique 21, 27, 34, 42 van montados o incorporados en una estructura 80, montada pivotalmente sobre la sección más estrecha 82 del eje. La estructura 80 se proyecta radialmente a modo de péndulo y comprende tramos 84, 86, separados axialmente, entre los cuales se extiende el deflecto 50. Aún cuando en esta memoria se han descrito como tubos, los tubos de achique 21, 27, 34 y 42 pueden comprender, al menos en parte, taladros formados en la estructura 80. La estructura 80 constituye un peso situado excéntricamente y destinado a proporcionar una reacción de par de manera que, durante la rotación normal del conjunto rotatorio, permanezca estática y, por lo tanto, mantenga los tubos de achique estacionarios.

En la realización de la Figura 4, la pared del generador de vapor 14 y el evaporador 36 forman parte de una carcasa generalmente frustocónica con la pared del generador 14 situada en el extremo de diámetro menor. La configuración frustocónica permite que los diversos depósitos periféricos, v.g., los canales 18, 24, 33, 20 y 26 se sitúen fácilmente a diferentes distancias radiales con respecto a la línea central del eje "S", con las ventajas anteriormente descritas. Las paredes del generador y el evaporador 14 y 36 tienen ambas configuración cóncavoconvexa, siendo la pared 14 convexa hacia el interior y la pared 36 convexa hacia el exterior. Esta disposición facilita una estructura general axialmente más compacta. El dispositivo motor D, por ejemplo, se puede conectar el eje S en una posición en la cual queda, por lo menos parcialmente, dentro de los confines de la región rodeada por los tubos del evaporador.

El conjunto rotatorio funciona movido por el dispositivo motor D, situado en el extremo del eje S correspondiente al evaporador, montándose el otro extremo del eje en cojinetes 51. El eje S comprende: (a) un cilindro sólido en el exterior del evaporador; (b) el cilindro sólido 82, de menor diámetro, intermedio al evaporador y el absorbedor, sobre el cual se monta la estructura 80 portadora de los tubos de achique; y (c) tubos concéntricos de entrada y salida 80, 90 desde el exterior del generador de vapor hasta el absorbedor/condensador. El agua, que es el fluido aceptor de calor, fluye: (a) desde el extremo del generador a través del tubo de admisión 88; (b) radialmente hacia fuera a través del espacio anular entre el tabique divisorio 72 y el disco del absorbedor 22; (c) radialmente hacia el interior a través del espacio anular entre el tabique divisorio 72 y el disco del condensador 23; (d) a través del tubo 90 pasando por el quemador, y se expelle del rotor por obturadores apropiados.

Un deflecto 50 se sitúa intermedio al absorbedor y el evaporador para reducir las salpicaduras de LVC no deseables que se pudieran producir entre los mismos.

Refiriéndonos a las Figuras 5, 6 y 7, que muestran una forma de la disposición de bombeo con más detalle, se emplean los mismos números de referencia que en la Figura 4 para identificar partes iguales. Así, el tubo 27 alimenta LVC desde

el depósito 26 al distribuidor 46 (no ilustrado) y tiene su entrada sumergida por debajo del nivel de líquido 100 dentro del depósito 26. El tubo de nivelación 42 funciona sumergido parcialmente durante el funcionamiento normal de la bomba de calor y alimenta exceso de LVC a la región del absorbador. El tubo 34 funciona sumergido en el canal 33, v.g., por debajo del nivel de líquido 102 y alimenta absorbente rico en agua al generador de vapor por el taladro 105, tubo 35 (no ilustrado), el intercambiador de calor de disolución 16 y el tubo 17. El tubo 21 funciona sumergido parcialmente en el canal 20 (estando indicado el nivel de líquido en 104) que recibe Mezcla L procedente del generador de vapor. El tubo 21 alimenta Mezcla L sobre el disco del absorbador 22 por el taladro 108 y la salida 21a (no ilustrada por completo en la Figura 7). Los diversos tubos están provistos de protectores de salpicaduras 106. El canal 33 está provisto de otro tubo estacionario (no ilustrado) que forma parte de la estructura que funciona parcialmente sumergida para determinar el nivel de líquido 102 en el canal 33 alimentado líquido, por ejemplo, a un depósito de líquido (no ilustrado) montado en la estructura 80.

Los diversos tubos descritos tienen todos sus entradas dirigidas en la misma dirección circunferencial, v.g., en dirección opuesta al sentido de rotación del conjunto rotatorio durante el funcionamiento normal de la bomba. Además de estos tubos, hay tubos cuyas entradas se proyectan circunferencialmente en dirección opuesta y que, por lo tanto, no están operantes durante el funcionamiento normal de la bomba de calor. No obstante, cuando se tiene que parar la bomba de vapor, como se ha mencionado anteriormente, funciona automáticamente por control del microprocesador en dirección opuesta y, en esas circunstancias, los tubos normalmente inoperantes entran en acción para redistribuir y remezclar los fluidos, v.g., para que el fluido de trabajo recupere su estado líquido apropiado para almacenamiento como un líquido a temperaturas en las cuales el LVC podría tener, de otro modo, la tendencia a

congelarse. Así, por ejemplo, el tubo 110, en el modo de funcionamiento inverso, alimenta fluido, que al iniciarse la desconexión es principalmente LVC, a la región del absorbador, por la salida 112 donde tiene lugar la remezcla con el absorbador cárstico. Igualmente, el tubo 114, en el modo inverso, alimenta líquido para el canal 33 por la salida 116 a la región del evaporador.

La presente invención se ilustra adicionalmente con relación al ejemplo que sigue.

Ejemplo

Se describe el funcionamiento de una bomba de calor como la ilustrada en la Figura 4 empleando agua como componente volátil.

La Mezcla R tenía la composición siguiente:

	% Peso/Peso
CsOH	28,8
KOH	27,6
NaOH	19,2
H ₂ O	24,4

En la bomba de calor, en la cual se abastecen calor de alto poder calorífero quemando metano con aire, el calor de bajo poder calorífero (aire atmosférico) está a 5°C; el fluido aceptor de calor es agua que entra a aproximadamente 55°C, discurre pasando en secuencia por el evaporador y el condensador y es expelida a aproximadamente 65°C. Se puede calcular que:

Aportación de calor al generador (alto poder calorífero)	6000 vatios
Aportación de calor al evaporador (bajo poder calorífero)	4000 vatios
Calor aceptado en el condensador por el agua	4600 vatios
Calor aceptado en el absorbador por el agua	5400 vatios
Coeficiente de rendimiento del ciclo = $\frac{4600+5400}{6000} = 1,67$	
Coeficiente de rendimiento de la máquina (previsto) = 1,42, si la eficacia general del quemador y recuperación del calor de combustión es del 85%.	

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Bomba de calor de ciclo de absorción que comprende un conjunto rotatorio que incluye un generador de vapor (GE), un condensador (CO), un evaporador (EV) y un absorbador (A), interconectados para constituir trayectos de flujo de fluido para un componente de fluido volátil y un líquido absorbente del mismo, utilizándose un depósito (26) para recibir, del condensador, componente de fluido volátil condensado por el mismo en la práctica, **caracterizado** porque se proporciona un dispositivo rotacionalmente restringido (27) para dirigir el componente volátil líquido desde el depósito (26) hasta los medios que constituyen la superficie del intercambiador de calor (31) del evaporador, de tal manera que el componente volátil líquido fluya a través de los medios que constituyen la superficie del intercambiador de calor desde un lugar radialmente interno hasta un lugar radialmente externo, recibiendo el depósito, desde los medios que constituyen la superficie de intercambio de calor (31) del evaporador, el referido componente volátil líquido que queda sin evaporar después de fluir a través de los medios que constituyen la superficie de intercambio de calor, por lo que parte del componente volátil líquido, realimentado a los medios que constituyen la superficie de intercambio de calor, procedente del depósito, se pone de nuevo en circulación hacia el depósito desviándose del condensador.

2. Bomba de calor según la reivindicación 1, **caracterizada** porque el depósito se sitúa adyacente al perímetro radialmente exterior del conjunto y el dispositivo rotacionalmente restringido incluye medios (27) de rotación restringida para alimentar el componente volátil radialmente hacia el interior desde el depósito hasta un dispositivo de distribución (28, 29; 46) rotatorio con el conjunto y dispuesto para coincidir con el dispositivo de alimentación no rotatorio con el fin de transferir el componente volátil desde el dispositivo de alimentación (27) a diferentes partes de los medios de superficie de intercambio de calor del evaporador (EV).

3. Bomba de calor según la reivindicación 2, **caracterizada** porque los medios de superficie de intercambio de calor están constituido por una pluralidad de tubos (31) que están separados angularmente alrededor del eje de rotación del conjunto, disponiéndose el dispositivo de distribución (28, 29; 46) para inyectar el componente volátil, derivado del dispositivo de alimentación (27), a los tubos (31) con un componente de movimiento dirigido radialmente hacia el interior, de manera que el componente volátil incida inicialmente contra las porciones radialmente internas de las superficies internas de los tubos.

4. Bomba de calor según la reivindicación 3, **caracterizada** porque el dispositivo de distribución (46) se dispone para inyectar el componente volátil en los tubos (31) con componente de movimiento dirigido axialmente además del componente de movimiento dirigido radialmente hacia el interior mencionado.

5. Bomba de calor según las reivindicaciones 3 ó 4, **caracterizada** porque el dispositivo de dis-

tribución (46) se dispone para inyectar el componente volátil en cada uno de los tubos (31) como un chorro divergente.

5 6. Bomba de calor según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada** porque incluye medios (42) para regular el nivel de componente líquido volátil en el depósito (26) y que desvían el exceso de líquido a la región del absorbador (AB) del conjunto cuando se alcanza un nivel predeterminado dentro del depósito.

10 7. Bomba de calor según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizada** porque el generador de vapor y/o el absorbador llevan asociado un depósito (33, 20) situado adyacente al perímetro radialmente exterior del conjunto y un dispositivo de bombeo para alimentar el líquido absorbente radialmente hacia el interior desde el depósito respectivo (33, 20) hasta una posición de descarga adyacente a un medio de superficie de intercambio de calor (14, 22) del generador (G) o el absorbador (AB), respectivamente, comprendiendo el dispositivo de bombeo, o cada dispositivo de bombeo, y el dispositivo de dirección un elemento que define un paso (17/34, 21, 27) que tiene una entrada dispuesta radialmente hacia fuera, alojada dentro del depósito y una salida dispuesta radialmente hacia el interior, en la referida posición de descarga, constituyéndose medios de reacción del par para frenar el elemento o elementos evitando su rotación con el conjunto rotatorio.

15 8. Bomba de calor según la reivindicación 7, **caracterizada** porque tanto el generador de vapor como el absorbador tienen un depósito respectivo y un dispositivo de bombeo respectivo asociados con los mismos.

20 9. Bomba de calor según la reivindicación 8, **caracterizada** porque los elementos que definen el referido paso (17/34, 21) y el dispositivo de dirección (26), asociados con el evaporador, van todos instalados o incorporados en una estructura común (80), que es pivotante alrededor del eje de rotación del conjunto y frenada para evitar su rotación con el conjunto por medio del referido dispositivo de reacción del par.

25 10. Bomba de calor según cualquiera de las reivindicaciones 7-9, **caracterizada** porque por lo menos un dispositivo de bombeo y/o el referido dispositivo de dirección incluyen otro elemento que define un paso (42, 34a), que tiene su entrada dispuesta radialmente hacia fuera en una posición radial diferente dentro del depósito al primer elemento que define el paso mencionado (27, 17/34) del dispositivo de bombeo o el dispositivo de dirección, disponiéndose la salida de dicho elemento adicional que define un paso para descargar en una posición diferente, dentro del conjunto, a la salida del primer elemento que define el paso mencionado.

30 11. Bomba de calor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque el conjunto rotatorio incorpora una zona de presión más baja (EV) y una zona de presión más alta (GE), recibiendo el fluido o fluidos un movimiento de rotación inducido en los mismos en respuesta a la rotación del conjunto, y medios (34, 35, 17) para bombear fluido desde la zona de presión menor hasta la zona de presión mayor,

comprendiendo los medios de bombeo de fluido un dispositivo rotacionalmente restringido (34) para desviar fluido rotatorio en la zona de menor presión radialmente hacia el interior y medios (35, 17) rotatorios con el conjunto para conducir el fluido, así desviado, radialmente hacia fuera, antes de descargarlo en la zona de alta presión.

12. Bomba de calor según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizada** porque incluye un dispositivo de alimentación de fluido (80) para alimentar el componente volátil líquido desde el depósito (26) hasta el evaporador y para desviar componente volátil líquido desde el depósito (26) para alimentación al absorbéedor (AB), comprendiendo el dispositivo de alimentación de fluido medios rotacionalmente restringidos que definen por lo menos dos pasos (27, 42), cada uno de los cuales tiene una abertura de admisión al depósito y se proyecta radialmente hacia el interior de depósito, situándose las entradas en posiciones radiales diferentes dentro del depósito, por lo que, en la práctica, el paso (42), que tiene la entrada situada más hacia el interior, da la profundidad radial hasta la cual se puede acumular fluido dentro del depósito, mientras que el paso (27), que tiene la entrada situada más hacia el exterior, continúa alimentando fluido desde el depósito.

13. Bomba de calor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque el dispositivo rotacionalmente restringido comprende medios magnéticos.

14. Bomba de calor según cualquiera de las reivindicaciones 1-12, **caracterizada** porque el dispositivo rotacionalmente restringido comprende un peso situado excéntricamente.

15. Bomba de calor según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 14, **caracterizada** porque incluye medios (S) para dar al conjunto rotatorio un movimiento de rotación, funcionando el dispositivo motor para impulsar el conjunto rotatorio en su sentido de rotación correspondiente al funcionamiento normal de la bomba de calor y en un segundo sentido de rotación, y un dispositivo que funciona cuando el conjunto es impulsado en el segundo sentido de rotación para combinar el componente volátil con líquido absorbente en el cual se ha agotado el componente volátil.

16. Bomba de calor según la reivindicación 15, **caracterizada** porque el dispositivo motor funciona automáticamente para impulsar el conjunto rotatorio en el segundo sentido de rotación en respuesta a haber cesado el impulso de rotación en el primer sentido referido.

17. Bomba de calor según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 16, **caracterizada** porque incluye un dispositivo de intercambio de calor asociado con el absorbéedor (AB) y el condensador (CO), incluyendo el dispositivo de intercambio de calor una cámara (70), limitada en un lado por el absorbéedor y en el lado opuesto por el condensador, y medios (72) que definen un trayecto de flujo de fluido para el fluido de intercambio de calor dentro de la cámara, de tal manera que el fluido de intercambio de calor fluye a través de las zonas interfaciales respectivas con el absorbéedor y el condensador.

18. Bomba de calor según la reivindicación 17,

5 **caracterizada** porque la cámara (70) comprende una primera y una segunda paredes (22, 23), separadas axialmente, que se proyectan transversales al eje de rotación del conjunto y que constituyen, respectivamente, el absorbéedor y el condensador, incluyendo los medios que definen el trayecto de flujo de fluido un tabique divisorio (72) situado entre la primera y la segunda paredes, y separado axialmente de las mismas, para definir, en las mismas, espacios de separación que se proyectan en el sentido radial del eje de rotación y circunferencialmente alrededor del mismo, estando los espacios de separación en comunicación unos con otros en el perímetro exterior del tabique divisorio.

10 19. Bomba de calor según la reivindicación 18, **caracterizada** porque incluye, para el fluido de intercambio de calor: un primer conducto de admisión (88) que se proyecta axialmente a través del generador de vapor (GE) y desemboca en el espacio de separación entre el tabique divisorio (72) y la pared del absorbéedor (22); y un segundo conducto de salida (90) que se proyecta también axialmente a través del generador de vapor y desemboca en el espacio de separación entre el tabique divisorio (72) y la pared del condensador (23).

15 20. Bomba de calor según la reivindicación 19, **caracterizada** porque los conductos de admisión y salida (88 y 90) son coaxiales con el eje de rotación, situándose uno dentro del otro.

20 21. Bomba de calor según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 20, **caracterizada** porque el generador y el evaporador incluyen, cada uno, una pared generalmente cóncavoconvexa (14, 36) que se proyecta generalmente transversal al eje de rotación del conjunto rotatorio, siendo la pared del generador (14) generalmente convexa, vista desde el lado del evaporador de la bomba de calor y siendo la pared del evaporador (36) generalmente cóncava, vista desde el lado del generador de la bomba.

25 22. Bomba de calor según la reivindicación 21, **caracterizada** porque las paredes del generador y del evaporador constituyen paredes limítrofes de una carcasa que tiene una configuración generalmente frustocónica, situándose la pared del generador en el extremo de diámetro menor de la carcasa frustocónica.

30 23. Bomba de calor según las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizada** porque el evaporador comprende una pluralidad de tubos (31) situados prácticamente paralelos al eje de rotación del conjunto y dispuesto para intercambio de calor con un fluido externo de intercambio de calor, constituyéndose medios para inyectar el componente de fluido volátil en los tubos del evaporador de tal manera que, en la práctica, el componente volátil se pone inicialmente en contacto con partes de las superficies internas de los tubos, radialmente interiores, y después, por influencia de las fuerzas generadas durante la rotación del conjunto, fluye alrededor de las superficies internas de los tubos hacia las extremidades radialmente exteriores de las superficies internas de los tubos.

35 24. Bomba de calor según la reivindicación 23, **caracterizada** porque los tubos del evaporador son de sección no circular en un plano transversal al eje de rotación del conjunto, proyectándose el

eje mayor de cada tubo generalmente en el sentido radial del eje de rotación.

25. Bomba de calor según las reivindicaciones 23 ó 24, **caracterizada** porque el dispositivo de inyección se dispone para inyectar el componente volátil en cada tubo con componentes de movimiento dirigidos radialmente hacia el interior y axialmente.

26. Bomba de calor según las reivindicaciones 23, 24 ó 25, **caracterizada** porque el dispositivo de inyección se dispone para inyectar el componente volátil en cada tubo a una velocidad que es mayor que la velocidad a la cual se puede evaporar el componente volátil en la superficie interna de intercambio de calor del tubo, siendo la disposición de tal naturaleza que el componente volátil no evaporado, por influencia de las fuerzas generadas durante la rotación del conjunto, fluye desde cada tubo al interior del depósito (26) asociado con el evaporador y situado radialmente hacia fuera de los tubos, cuyo depósito recibe también componente volátil condensado del condensado.

27. Bomba de calor según cualquiera de las reivindicaciones 3, 4, 5, 25 y 26, **caracterizada** porque la velocidad de inyección de componente volátil en los tubos es la adecuada para que las superficies internas de intercambio de calor de los tubos se mantengan continuamente humedecidas.

28. Bomba de calor según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 ó 23 a 27, **caracterizada** porque el dispositivo de dirección alimenta componente volátil a los medios de superficie de intercambio de calor del evaporador a tal velocidad que, en el curso de fluir a través de los medios de superficie de intercambio de calor, una mayor proporción del componente volátil permanece sin evaporar.

29. Bomba de calor según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 28, **caracterizada** porque incluye medios (12, 13) para calentar una pared (14) del generador de vapor, que se extienden generalmente transversales al eje de rotación del conjunto, comprendiendo los medios calentadores un dispositivo calorífero de placa radiante (13), caldeado por fluido, dispuesto para dirigir productos de combustión y calor radiante hacia la pared del generador de vapor (14).

30. Bomba de calor según la reivindicación 29, **caracterizada** porque la pared del generador de vapor (14) tiene configuración acopada y es cóncava en dirección al dispositivo calorífero de placa radiante (13).

31. Bomba de calor según las reivindicaciones 29 ó 30, **caracterizada** porque incluye un dispositivo intercambiador de calor de disolución (25) para efectuar un intercambio de calor entre el líquido absorbente, rico en componente volátil, que fluye desde el absorbador al genera-

5 dor de vapor y líquido absorbente, pobre en componente volátil, que fluye desde el generador de vapor al absorbador, y un dispositivo (61) para dirigir el flujo de productos de combustión gaseosos derivados del dispositivo calorífero sobre el dispositivo intercambiador de calor de disolución.

10 32. Bomba de calor según la reivindicación 31, **caracterizada** porque el dispositivo intercambiador de calor de disolución (25) es rotatorio con el conjunto rotatorio y se sitúa radialmente al exterior del mismo.

15 33. Bomba de calor según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 30, **caracterizada** porque incluye además un intercambio de calor de disolución (25), comprendiendo el generador de vapor (GE) una pared (14) que se calienta en la práctica y se proyecta generalmente transversal al eje de rotación del conjunto, constituyéndose medios (35, 17) para alimentar, por vía del intercambiador de calor de disolución (25), absorbente líquido, rico en el referido componente volátil, a la pared del generador (14) en una posición radialmente hacia el interior, de manera que el absorbente líquido fluya radialmente hacia fuera a través de la pared durante la rotación del conjunto, con la correspondiente evaporación del componente volátil y el agotamiento del líquido absorbente; un dispositivo (18) para recoger el líquido absorbente agotado en una posición radialmente hacia el exterior y dirigirlo al absorbador (AB) por vía del intercambiador de calor de disolución (25), situándose el intercambiador de calor de disolución radialmente hacia fuera del generador y del absorbador, por lo que las fuerzas generadas durante la rotación del conjunto son eficaces para la alimentación forzada de líquido absorbente agotado desde el evaporador al absorbador por vía del intercambiador de calor de disolución.

20 34. Bomba de calor según la reivindicación 11, **caracterizada** porque el dispositivo rotacionalmente restringido del dispositivo de bombeo de fluido define un conducto (34) que tiene una abertura de admisión, situada radialmente hacia fuera, en dirección contraria a la dirección del movimiento de rotación del fluido en la zona de menor presión (EV), sirviendo el conducto (34) para alimentar fluido desde la zona de menor presión a una abertura de descarga (17) que desemboca en la zona de mayor presión (GE).

25 35. Bomba de calor según la reivindicación 34, **caracterizada** porque el conducto (34) se dirige radialmente hacia el interior desde su entrada y se comunica, en una posición radialmente hacia el interior, con otro conducto (35) que es rotatorio con el referido conjunto y que se proyecta radialmente hacia fuera de la referida posición relativamente interior, de tal manera que el fluido experimenta aceleración centrífuga antes de des-

cargarse en la zona de alta presión por medio de la salida.

36. Bomba de calor según la reivindicación 1,

caracterizada porque el evaporador comprende un disco prácticamente planar o un disco acomulado.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

NOTA INFORMATIVA: Conforme a la reserva del art. 167.2 del Convenio de Patentes Europeas (CPE) y a la Disposición Transitoria del RD 2424/1986, de 10 de octubre, relativo a la aplicación del Convenio de Patente Europea, las patentes europeas que designen a España y solicitadas antes del 7-10-1992, no producirán ningún efecto en España en la medida en que confieran protección a productos químicos y farmacéuticos como tales.

65

Esta información no prejuzga que la patente esté o no incluida en la mencionada reserva.

Fig. 1.

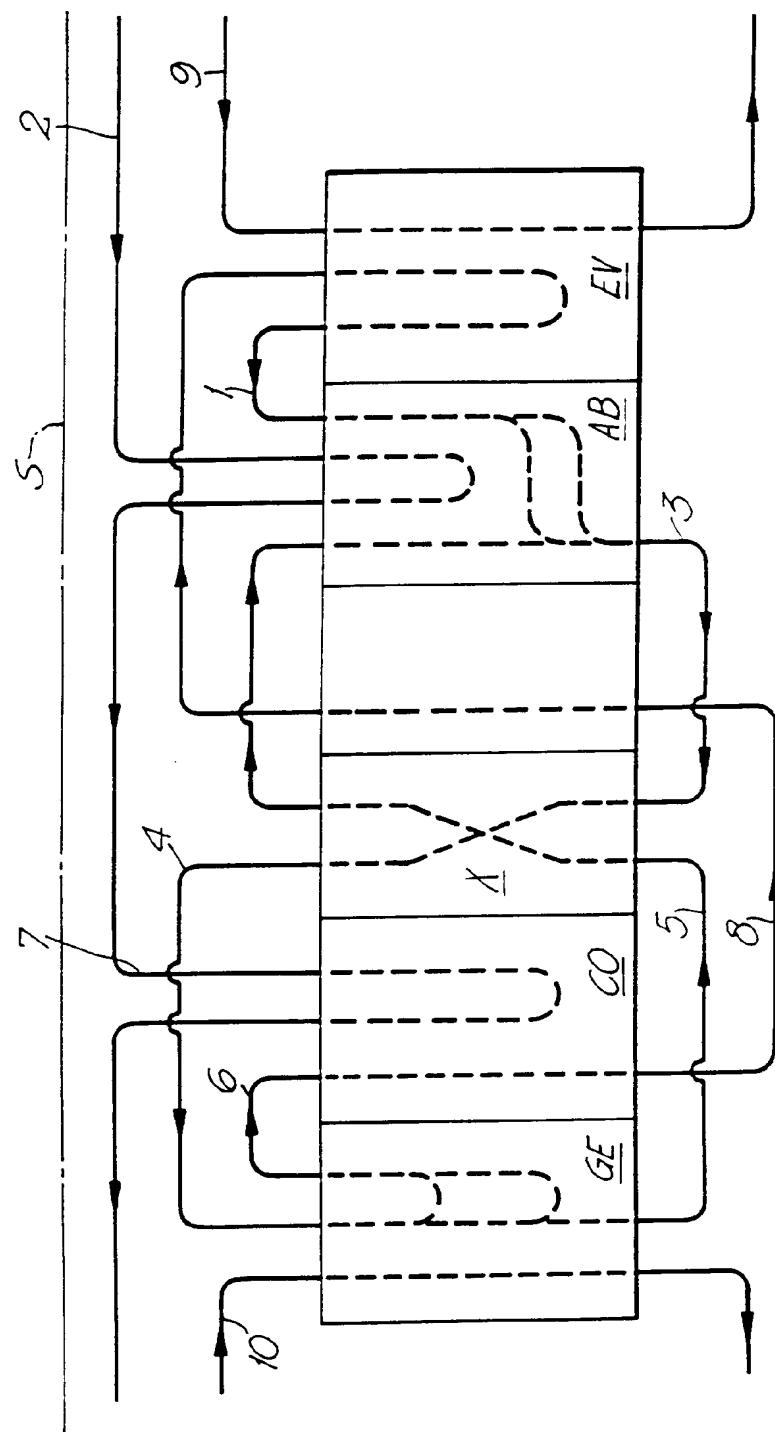


Fig. 2.

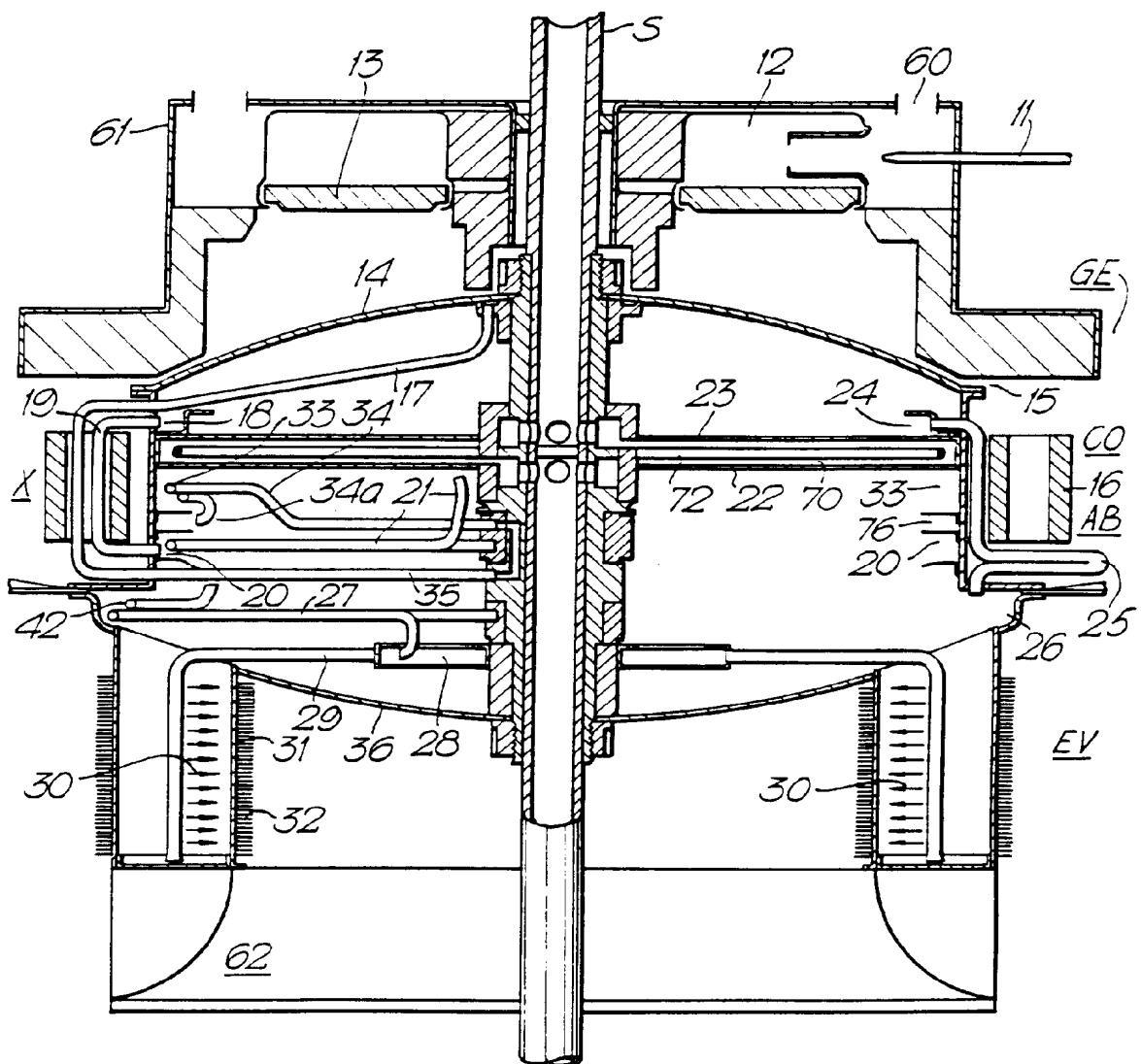


Fig. 3a.

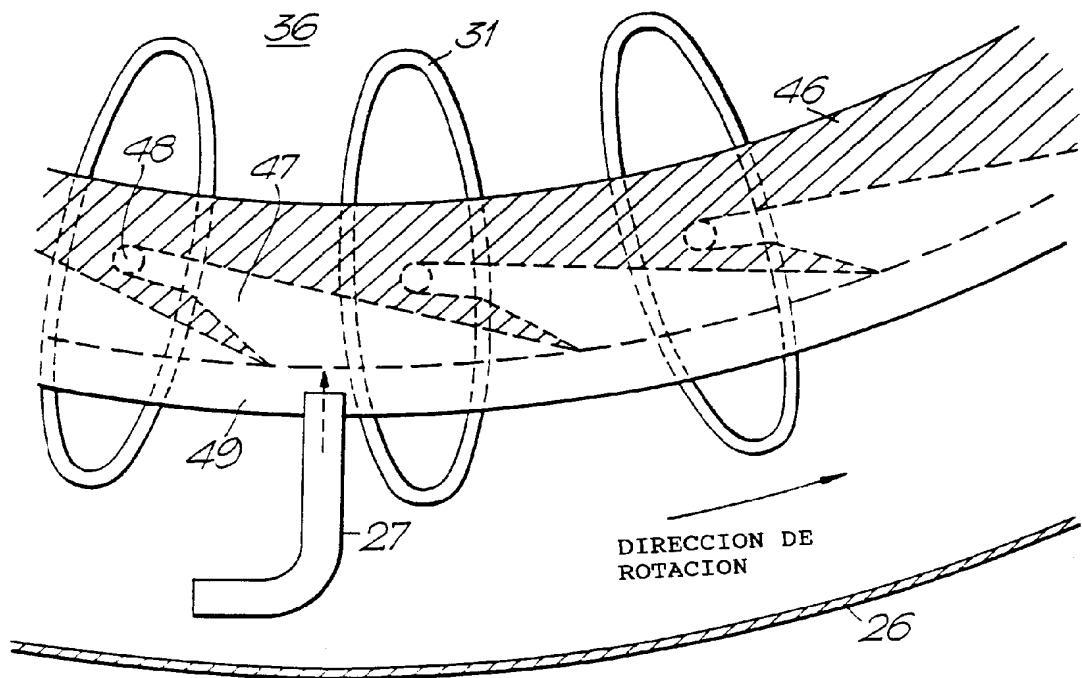


Fig. 3b.

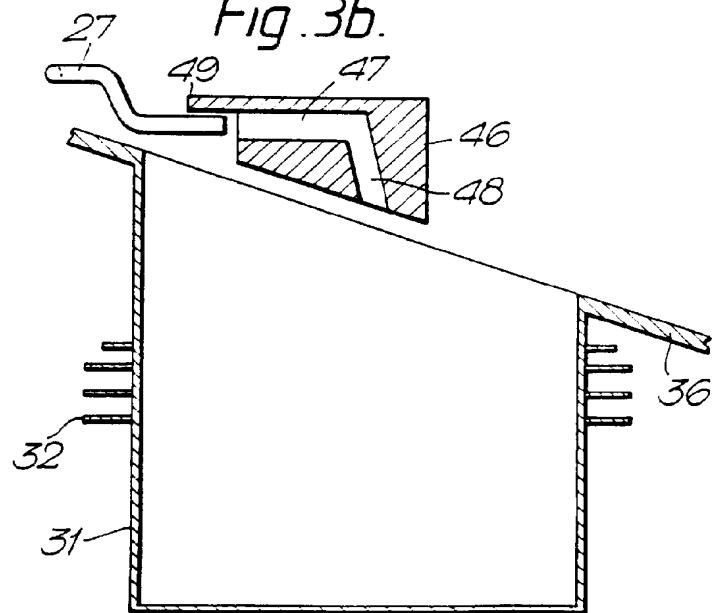


Fig. 4.

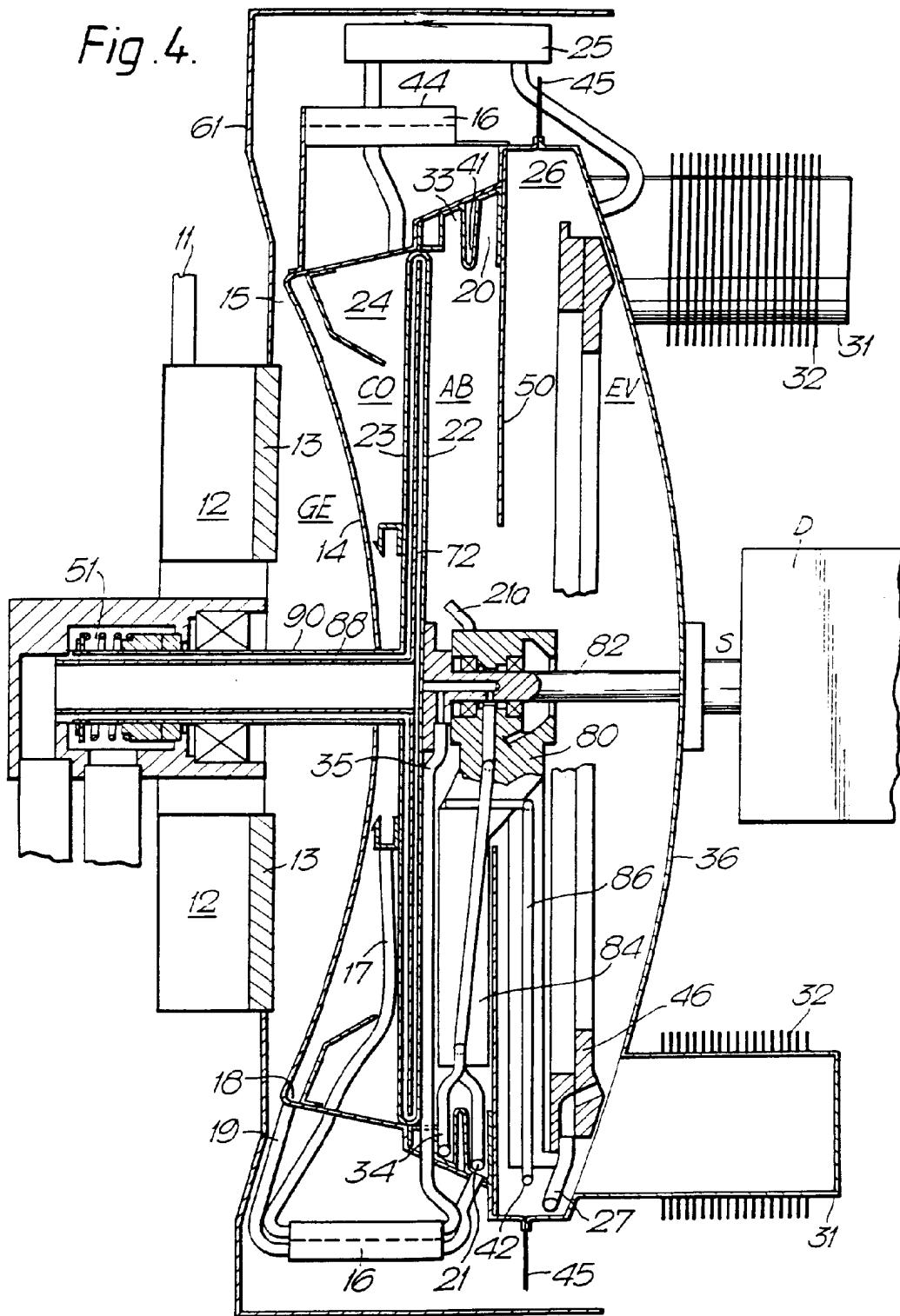


Fig. 5.

